

# TUDOMÁNY ÉS EMBER

/A Royal Society of Medicine 1970. február 5-i összejövetelén tartott előadás/

## Bevezetés

Kepler, aki Kopernikusz nyomdokain járt, két részletben fedezte fel három törvényét. Az első két törvényt, melyek geometriai természetűek voltak, 1609-ben találta meg, a számokra vonatkozó harmadik törvényét pedig tíz évvel később, 1619-ben. E felfedezéseinek befejezését eksztatikus megfogalmazásban adta hírül. Felidézte, hogy 23 évvel korábban kezdte írni *Harmonices Mundi* című művét, majd bejelentette, hogy most feltárta ezeket az összhangzásokat, a világ harmóniáját. Ugyanakkor egy másik író, aki költő és pap volt egy személyben, megdöbbenéssel értesült Kopernikusz eredményeinek továbbfejlesztéséről. Ez a költő és pap, John Donne, 1612-ben, röviddel Kepler végső diadala előtt, kétségbeesetten szólt az új világszemléletről: `

`Tis all in pieces, all coherence gone. . .` /Minden darabokban, minden összetartás odavan./

Melyiküknek volt igaza? Én azt mondanám, hogy a rákövetkező néhány évszázadban Kepler nézete bizonyult igaznak, és John Donne-nak nem volt igaza. Az új világszemlélet tovább bővítette a Kopernikusz-hívek győzelmeinek sorát. Galilei némi kitérőt tett, amikor felfedezte a kísérleti vizsgálódások fontos szerepét, és a kísérleti tudomány első gyümölcseként megalkotta a mechanika törvényeit. Newton pedig, aki – saját szavai szerint – ezeknek az óriásoknak a vállán állt, megsemmisítette a mennyeket azáltal, hogy a Földdel és más tömeggel rendelkező testekkel megegyezően egy matematikai mechanika érvénye alá rendelte őket.

Kepler eksztatikus harmóniái tehát az idők során messze túlnőttek azon a határon, ameddig az ő szeme ellátott, az ember középponti helyének – a csak őt megillető felelősségek jelképének – elvesztésén kesergő John Donne panasza pedig hiábavalónak bizonyult ezekkel az új igazságokkal szemben. Ugyanakkor azonban kezdetét vette a tudományos gondolkodás egy másik nagy vonulata is, amely majd a huszadik századra jut el odáig, hogy megcáfolja Kepler dicshimnuszát a világ harmóniáját feltáró tudományról, és megerősítse John Donne profetikus kesergését: `

`Tis all in pieces, all coherence gone...`

Ez az új vonulat akkor kezdődött a tudományban, amikor a részecske-hipotézis hívei felújították Démokritosz atomokra vonatkozó elméletét, mely szerint a világban látott minden dolog csak látszat, és csak a látszat mögött rejlő atomok képezik a valóságot. Ez a szemlélet a démokritoszi atomokat a dinamika érvénye alá eső anyagdarabokká változtatta, és ahogy a tudomány hatóköre egyre bővült, ezek az elképzelések óhatatlanul egy atomisztikus világhétközethez vezettek. Ezt a világhétközetet először Laplace

fejtette ki teljes mélységében egy 1814-ben tett híres kijelentésében. Azt írta, hogy egy értelem, amely egy adott időpontban ismerné "mindazokat az erőket, melyek a természetbe életet visznek, valamint a természetet alkotó minden egyes entitás helyét, ... az ugyanazon képlettel tudná átfogni a világegyetemben létező legnagyobb testeknek, valamint a legkönnyebb atomnak a mozgását; egy ilyen értelem számára semmi sem lenne bizonytalan, és szeme előtt, ugyanúgy megjelenne a jövő, miként a múlt . "[1] Másszóval tehát: ha valaki ismeri egy tárgy atomszerkezetét, már csak annyi kell, hogy ismerje az atomok kölcsönhatását szabályozó matematikai törvényeket, és minden lehetségeset tud, ami az illető tárgyról tudható.

Ma már birtokában vagyunk ezeknek a matematikai törvényeknek, nevezetesen a kvantummechanika törvényeinek. A nagy energia problémái ugyan némi komplikációt jelentettek, az általános kvantummechanika azonban a Földünkön található összes anyag vonatkozásában kielégítő magyarázattal szolgál. Ezt a mechanikát a fizika, sőt a fizika és a kémia törvényeinek is nevezhetjük.

Laplace nézete, mely szerint tapasztalatunk minden tárgya végső soron megmagyarázható a fizika és a kémia nyelvén, máig uralkodó a természettudományban, sőt azon túl is. Ez a világegyetemre vonatkozó mai tudományos szemlélet. Véleményem szerint ez a szemlélet téves, és meg vagyok győződve, hogy Európa legnagyobb részén kulturális és társadalmi rombolást okozott, valamint zűrzavart terjesztett mindazokban az országokban, melyeket a huszadik század társadalmi-politikai forradalmi megkíméltek.

Előadásom három részben foglalkozik ezzel a nagyszabású témával. Az első részben a mai tudományos világkép cáfolatát adom; a második részben bemutatom, hogy ez a hibás szemlélet hogyan törte darabokra századunk modern világát; a harmadik részben pedig felvázolom egy módosított világkép néhány vonását és kitérek arra, hogyan szolgálhatja mindez a modern ember lelki-szellemi épségének helyreállítását.

## **A tudományos világnézet cáfolata**

A napjainkban elterjedt tudományos világkép helytelenségét azzal bizonyíthatjuk be, ha kimutatjuk, hogy az élőlények nem írhatók le a fizika és a kémia fogalmi keretén belül. Abban az egyszerű tényben látom ennek bizonyítékát, hogy az élőlényeknek olyan szerveik vannak, melyek a gépekhez hasonlóan működnek. Azt, hogy élő szervek gépszerűen működnek, az elmúlt évszázadokban és mind a mai napig is bizonyítéknak tekintették az élet fizikai-kémiai magyarázatára. Ez azonban tévedés. Az én meggyőződésem szerint semmilyen gép nem írható le a fizika és a kémia törvényeivel, és éppen ezért az, hogy bizonyos életműködések gépszerűek, épp az ellenkezőjét bizonyítja annak, amilyen következtetést le szoktak vonni belőle: azt bizonyítja, hogy az élet túllép a fizika és a kémia területén.

Mindezt egy saját tapasztalatomból vett egyszerű példával szeretném szemléltetni. Amikor nemrég visszajöttem Amerikából Angliába, magammal hoztam egy valamilyen eszköznek látszó tárgyat, amiről nem tudtam, hogy micsoda. Többeknek megmutattam, de ők se tudták, hogy mire való. Amikor aztán

újfént visszatértem Amerikába, ott megtudtam: ezt az eszközt arra találták ki, hogy egyszerre két lyukat vájjon egy sörösdobozba. Ezt a tényt a tárgy semmilyen fizikai-kémiai vizsgálata sem tudta volna feltárni, hiszen a sörösdoboz kinyitásának elgondolása nem része a fizikának vagy a kémiának. A fizikusok és a kémikusok azonosítani tudták volna a különös tárgy minden lehetséges konfigurációját, és meg tudták volna állapítani, hogy az anyagára jellemző sajátosságok miatt ilyen-e a formája, azonban az anyagnak egy gyakorlati cél érdekében kialakított formájára sem a fizika, sem a kémia nem tud magyarázatot adni. Ez ugyanígy érvényes az összes gépszerű szerkezetre, mely egy élőlény részeként funkcionál; egyik sem írható le a fizika vagy a kémia elvei alapján.

Az elmúlt tizenöt évben már számos alkalommal tártam a nyilvánosság elé ezt a gondolatmenetet, nem sok sikerrel. Egy nagy felfedezés azonban, amely döntő bizonyítékot szándékozott nyújtani arra, hogy a fizika és a kémia teljes mértékben magyarázattal szolgál az életre, szerencsére a segítségemre sietett avval, hogy ennek épp az ellenkezőjét bizonyította. Watson és Crick felfedezésére gondolok, amely kimutatja, hogy az utódnak továbbadott örökletes jegyeket egy láncban összekapcsolódott négy alternatív kémiai gyök elrendeződése szabja meg. Watson és Crick felismerte, hogy ez a DNS lánc óriási tömegű információt hordoz. Az emberi egyedek esetében a DNS információtartalma a becslések szerint megegyezik egy tizenkét millió elemet tartalmazó bináris kódéval (amilyen például egy nullákból és kerestekből álló lánc). Ehhez azonban egy feltétel is kapcsolódik, és ezt szeretném egy általam már használt példával megvilágítani, mely némi visszhangra talált az információelméletben.

Amikor pár évvel ezelőtt vonattal Manchesterből Walesbe utaztam, Wales határán a vasútállomáson, az állomásfőnök kertjében a következő kavicsokból kirakott feliratra lettem figyelmes: "Üdvözli Walesben a Brit Vasúti Társaság." A kavicsoknak ez az információtartalma nyilvánvalóan azt mutatta, hogy elrendeződésük nem a fizikai-kémiai kölcsönhatások következtében alakult így. Ugyanúgy, mint az előző történetemben is, ahol amikor kiderült, hogy miért olyan különös a tárgy alakja, nyilvánvalóvá vált, hogy ezt a formát nem belső fizikai-kémiai erők hozták létre. Tulajdonképpen ez az a feltétel, amelyet Watson és Crick a DNS lánchoz kapcsoltak, amikor olyan információtartalmat tulajdonítottak neki, amely nagyjából a lánc hosszának felel meg. Hiszen ez a feltétel azt jelenti, hogy a láncszemek láncon belüli elrendeződését nem kémiai kölcsönhatásuk határozza meg.

Pontosabban ezt úgy fogalmazhatjuk meg, hogy bármely kölcsönhatás, amely előnyben részesítené egy sorozat elemeinek egy adott szignifikáns elrendeződését, olyan redundancia, amely csökkenti a sorozat információtartalmát. Tehát ha a lánc konfigurációját teljes egészében a láncszemek kémiai kölcsönhatása határozná meg, a láncnak egyáltalán nem lenne információtartalma. Kémiai vegyületekben az atomok elrendeződése főleg az atomok kölcsönös vonzásának következtében jön létre, és ezért egy mégoly komplex kémiai vegyületnek sincs érzékelhető információtartalma, így a kristályoknak sem. Tehát ha Watsonnal és Crick-kel együtt azt állítjuk, hogy a DNS lánc láncszemeinek az elrendeződése az információ hordozójaként funkcionál, egyidejűleg azt is állítjuk, hogy egy ilyen lánc nem tartozik a kémiai vegyületek sorába, tehát azt is, hogy egy DNS lánc lényege nem magyarázható meg a fizika és a kémia fogalmaival. Hanem, Watson és Crick szerint, az utód testének komplexitását, avagy – modern terminológiával élve – morfológiájának információtartalmát a szülői DNS lánc információtartalma nyújtja. Tehát az élőlények struktúrája a DNS lánccal azonos jellegű, vagyis e struktúra alakzata nem a fizika és a kémia által ismert erők hatására jön létre.[\[2\]](#)

Vigyünk tovább ezt a gondolatmenetet és tételezzük fel, hogy a DNS biológiailag szignifikáns alakzatai spontán jönnek létre annak következtében, hogy nagyobb a kémiai affinitásuk. Ez azt jelentené, hogy a kémia törvényeiben, majd ezen túl az atomfizika törvényeiben minden élőlény morfológiája előzetesen determinált. Ez pedig épp egy olyan jellegű új elv beiktatását jelentené a fizikába, melyet más érvekkel alátámasztva most megkísérleltem posztulálni.

## **Az erkölcsi öntudat ébredésétől a morális inverzióig**

A bevett tudományos világkép cáfolata nyomán az univerzum hatalmas területei kínálóznak újabb szemügyre vételre. Egy szempillantás alatt meggyőződhetünk arról, hogy majdnem minden, ami tárgya az ember érdeklődésének, túl van azon, amire a fizika és a kémia magyarázattal szolgál. Eltekintve a felkelő Naptól, valamint az éjszaka világító Holdtól és a csillagoktól, csak a kietlen vidékek, a kôsziklák és a sivatagok, a folyók és a tavak, a szél és a felhők jelentik a fizika és a kémia által definiált tárgyakat. A csillagok, a Nap és a Hold különös jelenségén joggal törtük a fejünket évszázadokon keresztül, de még ezzel együtt is, mindez az élmény eltörpül ahhoz képest, amit a hozzánk oly hasonló növények és állatok keltettek bennünk, leginkább azonban azoknak a magasabbrendű állatoknak a megismerése, melyek abban hasonlítanak hozzánk, hogy a szüleik egyesüléséből származó egyetlen sejtként kezdik életüket, majd embrióvá, végül kifejlett példánnyá alakulnak. Ezek az állatok az emberi test komplexitásának és funkciói hálózatának pontos mását nyújtják, nekik is olyan az érzőkéességük és olyanok a mentális folyamataik, mint a miénk, és végül ugyanúgy ér véget az életük, mint a miénk: megbetegszenek és meghalnak. A végtelenségig folytathatnánk az élőlények közös vonásainak sorát, majd elkezdhetnénk sorolni a csak az emberre jellemző jelenségeket, amilyen a nyelv, a társadalom, az emberi gondolkodás hatalmas eredményei, történelmünk dicső és gyászos eseményei és, mindennek felett, az ember ideáljai, valamint tudatos létéből származó kötelezettségei. Vagyis a legmélyebb érdeklődésünkre számot tartó dolgok többsége túlmutat az élettelen természet törvényein. A világegyetemben található legtöbb dolog létezése minden bizonnyal olyan elveken alapul, melyek hiányoznak a mai tudományos világképből.

Igaz ugyan, hogy az a tudományos világkép, amely fokozatosan alakult ki Galileitől Laplace-ig, majd Laplace óta elfogadottá vált, nem része magának a tudománynak. A legtöbb tudós azonban elfogadja, és a tudománnyal együtt kultúránk részévé vált. Sok tudós azt tartja fontosnak, hogy milyen pompás felfedezések születtek az atomisztikus világkép égisze alatt, mások pedig attól tartanak, hogy ha szakítunk azzal a vélekedéssel, hogy az élet végső soron megmagyarázható a fizika és a kémia fogalmaival, akkor utat nyitnánk a véget nem érő spekulációk özönének. Pedig az eddigi összes biológiai felfedezés olyan problémából indult ki, melyet a biológia fogalmaival írtak le, és végül maguk a felfedezések is biológiai kontextusban jelentek meg. Ezért amikor azt bizonyítom, hogy ennek szükségszerűen kell így lennie, ez nem jelenti azt, hogy a biológusoknak változtatniuk kell a gyakorlatukon. Csak a zászlóik és a csatakiáltásaik megváltoztatására lenne jó rábírnunk őket. Ezzel az igénnyel pedig nemcsak azért lépek fel, mert ezt kívánja meg az igazság szolgálata, hanem főleg mert úgy vélem, hogy korunkban a téves világképünkben eredő doktrínák hatására kultúránk darabokra hullott, és míg a világ nagy része gondolatlanul szorgosorban tengődik, addig a többiek az alapokig

hatoló zűrzavarral küszködnek.

Amikor John Donne vészjelzését idéztem 1612-ből – `Tis all in pieces, all coherence gone` – , ezekkel a szavakkal a huszadik század katasztrófáira utaltam. John Donne korában azonban a tudomány még csak épp elkezdte kifejleszteni fő elveit. A Royal Society csak ötven évvel később alakult meg, fennen hangoztatva minden tekintély elutasítását, és csak a század végén fektette le a két géniusz, Newton és John Locke, az angol empirizmus alapelveit. Az egész tizenhetedik századot – a Keplertől Newtonig tartó korszakot – annyira betöltötte a vallási küzdelem, hogy csak jóval a 18. század kezdete után került át az angol empirizmus Franciaországba, és hozta létre ott a tudomány ideáljain alapuló új, racionalista kultúrát.

Ekkor kezdtük el mi, nyugati emberek azt a vállalkozást, amibe addig még senki emberfia nem fogott bele: a tudományra alapozott rációt követve élni. A tudománytól a legnemesebb tulajdonságait vettük át. A tudósoknak az észre és a tapasztalatra apellálva jogukban áll társaik bármely állítását megkérdőjelezni, és mégis, külön-külön tett felfedezéseik akaratlanul is egymást erősítik egy határtalan fejlődési folyamatban. Ezt a tudományképet vetítette rá Voltaire, Diderot és Condorcet az összes emberi tevékenységre. Ez a vízió azzal kecsegtette őket, hogy ha az egyén szabadon keresheti boldogulását, akkor ez mindenki számára meghozza a boldogságot. Az élvezet lett az erkölcs, az igazság és a szabadság tudományos mércéje. Angliában ez az elmélet Jeremy Bentham utilitarizmusaként lett ismert, de először Franciaországban fejlődött ki, és innen terjedt el szerte Európában.

Aztán a francia forradalmat, sőt még a jakobinus diktatúrát is eltöltötte ez a szenvedélyes vágy a ráció, a szabadság és a boldogság iránt. Robespierre az utolsó pillanatig a nagylelkűség gyengéd érzéséről és az emberiség iránti mély szeretetről beszélt. Szenvédélyes elkötelezettséggel hitt a század ideáljaiban: az ember romlatlan természetében, a tudományból született filozófia által felszabadított emberben.

Tudjuk, hogy milyen kegyetlenkedések, háborúk és politikai reakció lettek a francia forradalom következményei, ennek ellenére a felvilágosodásból született eszmék áradata egyre nagyobb területeket borított el. Ez az áradat hozta el nekünk a modern világi intellektuális életet. Ez terjesztette el a haladás vízióját, és teremtette meg a társadalom és az egyén önrendelkezésen alapuló jogát a haladáshoz. Ezek voltak a tudományból merítő első nagy korszak vívmányai. A következő nagy korszak, a 19. század, értékelte ezeket a vívmányokat. A társadalmi önrendelkezés iránti új igény mindent átható politikai életnek nyitott utat. A liberális reformok egész kultúráját teremtette meg, mely reformokat a – részben a szocialista eszmék nyomán feltámadt – társadalmi lelkiismeret és a társadalmi nyugtalanság követelte ki. Ezek a mozgalmak minden addiginál magasabb szintre emelték az emberek közötti együttélést. Az előző korokban erkölcsileg az egyházak fegyelmezték az embereket az üdvösség ígéretével; az ember természetéből eredő erény és boldogság víziója, mely a tudományból táplálkozott, a szabadság és a könnyörületesség új útjainak keresésére ösztönzött. A reformok áradata, mely véget vetett a meggyökeresedett társadalmi kegyetlenségeknek, az egész nyugati világban humanizálta az intézményeket és a szokásokat.

Ezzel egyidejűleg az egyén önrendelkezésének eszméje létrehozta a romantika mozgalmát és benne a

modern individuum, a kivételes és szuverén egyén eszméjét. Ez pedig elindította a múlt században az összes művészet olyan mértékű megújulását, melyre vakmerőség tekintetében a Periklész kori Athén óta nem volt példa. A 18. század teljesítménye intellektuális volt, míg a 19. században az erkölcs és az érzelmek terén történt fejlődés. Ez hozta létre modern nyugati civilizációnkat: egy olyan társadalmat, mely minden hibájával együtt szabadabb és emberibb volt, mint bármely előző.

E nagyszerű tündöklésből az vezetett a bukáshoz, korunk katasztrófáihoz, hogy fokozatosan kiéleződött egy korábban rejtve maradt ellentmondás. A tudományos felvilágosodás határtalan szenvedélyt szabadított fel az erkölcsi haladás iránt, de alá is ásta magát a fundamentumot, melyre az erkölcsi alapelvek épülnek. A század közepe táján kezdett terjedni az a nézet, hogy a tudomány, amely addig az erkölcsi fejlődés iránymutatója volt, tulajdonképpen azt bizonyítja, hogy minden erkölcsi állítás illuzórikus. Lehet, hogy ez a változás a tudományos világkép élesebbé válásának volt a következménye, melyet az olyan kijelentések idéztek elő, mint amit Laplace tett a 19. század elején. Hiszen ha az emberben csak a fizika törvényeinek engedelmeskedő atomok a valóságosak, akkor az erkölcsi értékek csupán szubjektív érzések lehetnek.

Ennek az élesebb tudományos világképnek a hatása először csak az európai kontinensre korlátozódott, és még ott sem tett szert vezető szerepre. A szabadság és az igazságosság nevében fellépő, a társadalmi igazságtalanságok feletti felháborodásra apelláló liberális eszmék továbbra is hatottak, és egészen az első világháborúig folytatták a társadalom jobbítását. Csak a huszadik században következett az be, hogy az újfajta élesebb scientizmus legyőzte Európa nagy részét, és mély nyomot hagyott az egész nyugati világon.

Oroszország története, amely meghatározó hatással volt a mi korunkra, példázza mindezt. 1825-ben a francia forradalom hatása alatt álló fiatal arisztokraták felkelést szerveztek az alkotmányos kormányzás érdekében. Vereséget szenvedtek, és kivégezték őket. Negyven évvel később a fiatalok elvetették az ő liberális eszméiket. A népszerű német írók által terjesztett mechanisztikus emberkép már meggyőzte őket arról, hogy a tudomány alapján minden emberi érték illuzórikus.

Turgenyev 1862-ben megjelent *Apák és fiúk* című regényében ír erről. Az egyetemista Bazarovot, a regény hőst "nihilistának" nevezi, aki kijelenti, hogy "a nihilista olyan ember, aki semmilyen tekintély előtt nem hajol meg... Nincs a társadalmunkban egyetlen olyan intézmény sem, amelyet ne kellene lerombolni." Az orosz értelmiségiek önmagukat látták Bazarovban: idealizmusuk a totális pusztítás iránti önzetlen odaadásban öltött testet.

Később is a szélsőséges szkepticizmusban megtestesült határtalan idealizmus formálta az összes orosz forradalmi mozgalmat egészen az ifjú Lenin fellépéséig. Addigra azonban már Marx Károly is hozzátett egy részletes elméletet ehhez a jéghideg idealizmushoz. Marxról azt szokták mondani, hogy a szocialista eszméket utópiából tudománnyá alakította, ami valójában azt jelentette, hogy a kommunista forradalom ideáljait egyszerűen könyörtelen erőszakká alakította. Így változtak át az emberiség szép reményei Lenin rémuralmává, melyet Sztálin gyilkos örülete követett, és ennek következtében ma az emberiség egyharmadát, s benne fél Európát, üres jelszavak nevében rabságban tartják.

Az összes modern forradalmi mozgalomnak, még Hitlerének is, voltak idealista hívei, és nélkülük nem is tudtak volna gyôzni. E hívek idealizmusa azonban jéghideg erôszakban öltött testet, mivel modern tudományos szkepticizmusuk arra tanította ôket, hogy vessék meg a liberalizmust és a humanitárius eszméket, hiszen mindez csalás, melyben csak az ostobák hisznek.

Így pusztította el a fasiszta ellenforradalom Európa nagy részét, amely most 25 év elmúltával próbál talpra állni e pusztítás után.

És ugyanúgy, ahogy a társadalmi önrendelkezés könyörtelen erôszakká változott, az egyén önrendelkezése is a hagyományos erkölcs teljes gyûlöletébe csapott át. Ezt a doktrínát elôször Nietzsche nyilatkoztatta ki majd egy évszázaddal ezelôtt, és azóta az egész nyugati kultúrában elterjedt. Nietzsche elfogadta, hogy a tudományos világképben nincs helye az erkölcsi értékeknek, és kijelentette, hogy számunkra maga az a tény a legfôbb érték, hogy semmitôl sem félve elvetünk minden bevett értéket. "Az igazmondás, amely az erkölcs legmagasabb foka, minden erkölcsöt legyôz." Ezen a szinten, túl jón és rosszon, az ember felsôbbrendû lényé, supermanné válik.

Bármilyen elfogadott erkölcsi normarendszert lehet képmutatással vádolni, egyrészt mert a társadalom nem követi ideáljait, másrészt pedig azért, mert a hagyományos erkölcs nem valódi személyes meggyôzôdésbôl fakad. A saját hiteles erkôlcshöz az szükséges, hogy "az ember megteremtse a maga számára a jót és a rosszat", írta Nietzsche. Ez azonban csak oda vezethet, hogy puszta képmutatásnak tekintünk és megútálunk minden kinyilvánított erkölcsöt, és azzal fejezzük ki eltökélt megvetésünket az ilyen egyetemes képmutatás iránt, hogy nyíltan és szemrebbenés nélkül vétünk mindenfajta erkölcs ellen.

---

## Lábjegyzetek

1. Laplace (1886) *Traité de Probabilité*, Paris; 7, VI.
2. A téma részletesebb kifejtését ld. Polanyi, M.(1967) *Chem. & Eng. News* August; (1968) *Science* 160, 1308-1312.

---

[Következô rész](#)

[Vissza a tartalomjegyzékhez](#)

---

**Polanyiana** 7. évfolyam, 1– 2. szám, 1998  
<http://www.kfki.hu/chemonet/polanyi/>  
<http://www.ch.bme.hu/chemonet/polanyi/>

